



(11) Publication number:

2001274507 A

Generated Document

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 2000089440

(51) Intl. Cl.: H01S 5/10 H01S 5/042 H01S 5/22 H01S 5/343

(22) Application date: 28.03.00

(30) Priority:

(71) Applicant: PIONEER ELECTRONIC CORP

(43) Date of application publication: 05.10.01

(72) Inventor: OTA HIROYUKI

(84) Designated contracting states:

(74) Representative:

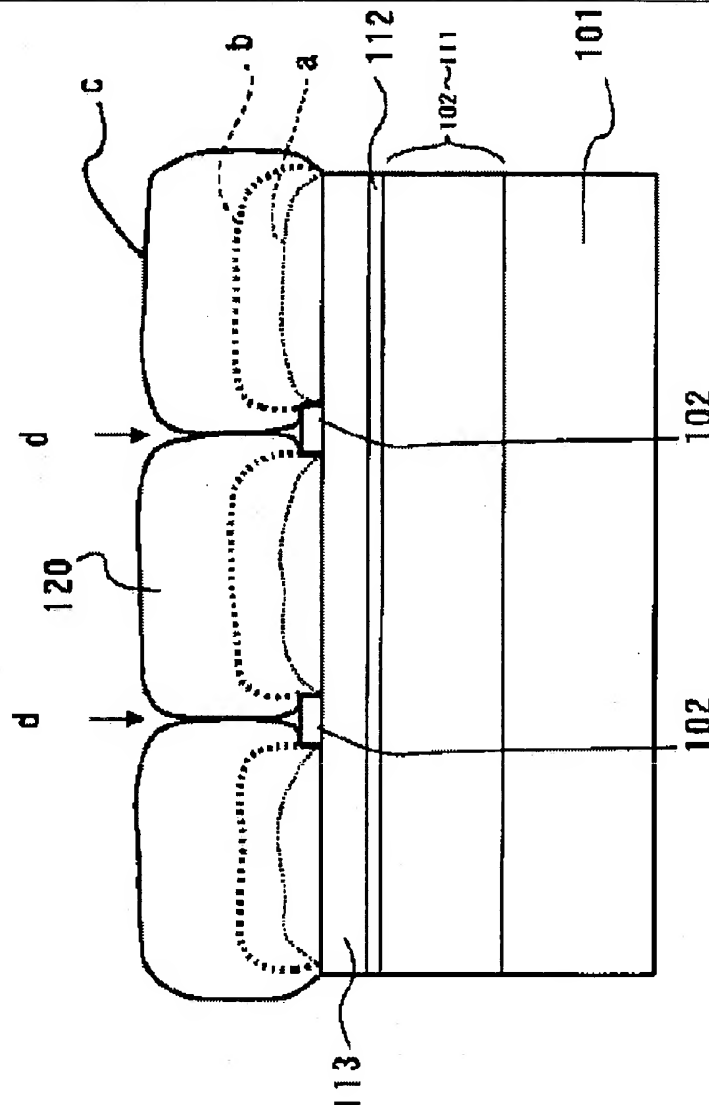
(54) NITRIDE SEMICONDUCTOR LASER
AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a group III nitride semiconductor laser wherein a reflecting mirror surface of high quality can be obtained with superior reproducibility in a laser structure.

SOLUTION: In this manufacturing method of a nitride semiconductor laser, a plurality of crystal layers which include active layers and are composed of group III nitride semiconductor are laminated in order on a base substance layer. The method includes processes wherein the plurality of crystal layers are formed on the base substance layer formed on a substrate, an electrode layer is formed on the uppermost surface of the crystal layers, a metal film is plated on the electrode layer, a decomposed substance region of nitride semiconductor is formed by casting a light from the substrate side toward an interface between the substrate and the base substance layer, the base substance layer supporting the crystal layers is peeled from the substrate along the decomposed substance region and cleaved, and a cleavage surface to be turned into a laser resonator is formed.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 活性層を含む 3 族窒化物半導体からなる複数の結晶層を、3 族窒化物半導体からなる下地層上に、順に積層して得られる窒化物半導体レーザの製造方法であって、

基板上に成膜された下地層上に結晶層の複数形成する結晶層形成工程と、

前記結晶層の最表面上に電極層を形成する電極層形成工程と、

前記電極層上に金属膜をメッキするメッキ工程と、
前記基板及び下地層間の界面に向け、前記基板側から光を照射して、窒化物半導体の分解物領域を形成する光照射工程と、

前記結晶層を担持した前記下地層を前記分解物領域に沿って前記基板から剥離する剥離工程と、

前記結晶層を担持した前記下地層を劈開し、劈開面を形成する劈開工程と、を含むことを特徴とする製造方法。

【請求項 2】 前記メッキ工程は、金属膜をメッキする前に、前記窒化物半導体に形成されるべき劈開面の伸長方向に平行に伸長する絶縁ストライプを前記電極層上に形成する工程を含むことを特徴とする請求項 1 記載の製造方法。

【請求項 3】 前記絶縁ストライプに平行にケガキ線を前記結晶層に付与して、前記劈開工程にて、前記結晶層を担持した前記下地層を劈開することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の製造方法。

【請求項 4】 前記金属膜は、銅であることを特徴とする請求項 1 記載の製造方法。

【請求項 5】 前記光は、前記基板を透過しかつ前記界面近傍の下地層に吸収される波長を有する光から選択されることを特徴とする請求項 1 記載の製造方法。

【請求項 6】 前記光照射工程において、前記光は前記基板及び下地層間の界面に一樣に又はスポット状若しくはライン状に走査され照射されることを特徴とする請求項 1 記載の製造方法。

【請求項 7】 前記結晶層形成工程は前記窒化物半導体の形成されるべき劈開面の法線方向に伸長する導波路を形成する工程を含むことを特徴とする請求項 1 記載の製造方法。

【請求項 8】 前記結晶層の形成が有機金属化学気相成長法で行なわれることを特徴とする請求項 1 記載の製造方法。

【請求項 9】 前記光照射工程において、前記光は YAG レーザの 4 倍波である紫外光であることを特徴とする請求項 1 記載の製造方法。

【請求項 10】 活性層を含む 3 族窒化物半導体からなる結晶層の複数、下地層上に、順に積層してなる窒化物半導体レーザであって、前記積層した結晶層に対して前記下地層の反対側にメッキされた金属膜を有することを特徴とする窒化物半導体レーザ。

【請求項 11】 前記メッキされた金属膜は積層した前記結晶層のレーザ共振器となるべき劈開面とはほぼ揃ったメッキ接合面を有することを特徴とする請求項 10 記載の窒化物半導体レーザ。

【請求項 12】 前記窒化物半導体からなる前記結晶層の劈開面の法線方向に伸長する導波路を有することを特徴とする請求項 10 又は 11 記載の窒化物半導体レーザ。

【請求項 13】 前記メッキされた金属膜は銅であることを特徴とする請求項 10 記載の窒化物半導体レーザ。

【請求項 14】 前記下地層側がヒートシンクに接着されることを特徴とする請求項 10 記載の窒化物半導体レーザ。

【請求項 15】 前記メッキされた金属膜側がヒートシンクに接着されることを特徴とする請求項 10 記載の窒化物半導体レーザ。

【請求項 16】 基板上に 3 族窒化物半導体からなる 1 以上の結晶層を順に積層して得られる窒化物半導体ウェハから該基板を分離する分離方法であって、

前記結晶層の最表面上に補助基板を形成する工程と、
前記基板及び結晶層間の界面に向け、前記基板側から光を照射して、窒化物半導体の分解物領域を形成する光照射工程と、

前記結晶層を前記分解物領域に沿って前記基板から剥離する剥離工程と、を含むことを特徴とする分離方法。

【請求項 17】 前記補助基板を形成する工程は、前記結晶層の最表面上に前記補助基板として金属膜をメッキするメッキ工程を含むことを特徴とする請求項 16 記載の分離方法。

【請求項 18】 前記メッキ工程は、前記結晶層の最表面上に予め電極層を形成する電極層形成工程を含むことを特徴とする請求項 17 記載の分離方法。

【請求項 19】 前記金属膜は、銅であることを特徴とする請求項 17 記載の分離方法。

【請求項 20】 前記光は、前記基板を透過しかつ前記界面近傍の結晶層に吸収される波長を有する光から選択されることを特徴とする請求項 16 記載の分離方法。

【請求項 21】 前記光照射工程において、前記光は前記基板及び下地層間の界面に一樣に又はスポット状若しくはライン状に走査され照射されることを特徴とする請求項 16 記載の分離方法。

【請求項 22】 前記光照射工程において、前記光は YAG レーザの 4 倍波である紫外光であることを特徴とする請求項 16 記載の分離方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、3 族窒化物半導体素子（以下、単に素子とも記述する）に関し、特に、同材料系を用いた半導体レーザ素子の作製方法に関する。

【0002】

【従来の技術】レーザ素子を動作させるには、光学的共振器を形成するための一対の反射鏡が必要である。GaAsなどの半導体結晶材料を用いて半導体レーザ素子（ファブリペロ型）を作製する場合、こうした反射面はほとんどGaAs結晶基板の劈開により形成されている。

【0003】3族空化物半導体の結晶系は、III-V族半導体の閃亜鉛鉱型とは異なってウルツ鉱型という6方晶系類似の結晶系であるが、やはり明確な劈開面を有している。従って、例えばGaNなどの結晶基板上にレーザ素子構造を形成することができれば最善である。しかしながら、3族空化物材料を用いて半導体レーザ素子を作製する場合、基板に用いるべき空化物バルク結晶が製造されていないため、サファイアやSiCといった別種の基板上に空化物結晶膜を下地層としてエピタキシャル成長させることによって素子を作製せざるを得ない。

【0004】従来、基板上の空化物レーザの反射鏡面作製方法としては、以下の4通りの方法1)～4)が知られている。

1) 基板上に空化物成長膜レーザ構造を作製し、反応性イオンエッチング(RIE)などのドライエッチングにより削って、反射鏡面を得る。

2) サファイア基板のC面すなわち(0001)面又はA面すなわち

【0005】

【外1】

(11 $\bar{2}$ 0)面

【以下、(11-20)面と記載する】上に成長し、サファイアの

【0006】

【外2】

(1 $\bar{1}$ 00)面又は(1 $\bar{1}$ 02)面

【以下、(1-100)面又は(1-102)面と記載する】に沿って削って、反射鏡面を得る。

【0007】3) SiC基板上に空化物成長膜のレーザ構造を作製し、裏面を研磨して薄くした後、基板と一緒に劈開して、反射鏡面を得る。

4) サファイア基板上に厚い例えば、100nm～μmの厚さのGaN膜を形成した後、研磨などによりサファイアを除去し、残ったGaNを基板結晶として用いて再度レーザ構造をその上に形成する。

【0008】サファイアのC面及びA面上で良好な単結晶膜が得られている。従来から半導体レーザなどに用いられているGaAs基板などと比較してサファイア基板は極めて割りにくいため、上記の劈開による方法を避け、反射面をRIEなどのエッチングによって得ることも行なわれている。サファイアには、SiやGaAsなどのような明瞭な劈開面は存在しないが、C面に関しては(1-100)面で一応割ることができ、A面に関し

ては(1-102)面すなわち通称R面で通常の結晶の劈開にかなり近い状態で良好に割ることができる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の形成方法1)～4)にはそれぞれ以下に述べる欠点がある。形成方法1)のRIEを用いる方法に関しては、導波路に対して垂直な反射面を得るのが困難であり、反射面の面粗さを平滑にして良好にするのが困難であり、出射光の遠視野像が多スポットになってしまう問題がある。特に、出射光の多スポット化は、RIEなどのドライエッチングを用いてもサファイアを有効にエッチングできないことに起因している。図1に示すように、エッチングによってレーザ構造1の反射鏡面2を形成して作製したレーザ素子において、図中に(s)で示した部分のサファイア基板3(エッチングされずに残った部分)に出射ビームが反射し、この反射光と主ビームが干渉し、遠視野がマルチスポットになってしまうのである。この遠視野像のマルチスポット化は、光ディスクの読取り光源としては致命的であるので、このままでは全く実用にならない。

【0010】上記の形成方法2)の内、サファイアC面上成長に関しては、サファイア基板の裏面を削って、薄くしないと割れないという煩雑性や、再現性よく劈開ができない問題がある。これら問題は、サファイア(1-100)面が劈開面では無いことに起因している。サファイアは極めて結晶が硬いため、薄くしないとケガキ線に沿って割ることができず、そこで、レーザ素子として実用になる程度の劈開面を得ようとすると、サファイア基板の厚さを100μm程度まで薄くする必要がある。既にレーザ構造を表面に作り込んだウエハの裏面を研磨していくと、サファイアと空化物の熱膨張係数差や研磨に伴う残留応力でウエハに反り及び歪みが生ずる。これらのため、ウエハを裏面研磨すると研磨作業中にウエハが割れてしまうトラブルが極めて生じやすく、量産上極めて不利である。

【0011】また、サファイアC面上に成長した空化物(代表的2元化合物はGaNであり、以下GaNと記す)の、結晶方位は基板であるサファイアに対して30度回転しており、基板であるサファイアを(1-100)面で割ると、その上のGaNとしては(11-20)面で割ることになる。GaN結晶の劈開面は(1-100)面であるので、この場合、GaNは劈開面でない結晶面でやや無理をして割っていることになるが、GaN結晶の対称性のため、正確に(11-20)面に沿った方向に割れが入っていけば、極めて良好な破断面が得られる。

【0012】しかるに、サファイアも(1-100)面は劈開面でないため、ややズレた角度でケガキ線を入れても割ることができる。この場合、GaNは(11-20)面からずれた方向に割れることになるので、反射率

の低下や出射光の波面の乱れを引き起こし、レーザ用の反射面としての品質が劣化する。さらに、上記の形成方法2)の内、サファイアA面上の成長に関しては、GaNの破断面の品質が十分でない問題がある。

【0013】サファイアの裂開面である(1-102)面のR面は極めて割りやすいため、通常に基板として用いられる250~350 μ mの厚さでも容易に裂開ができる。しかし、図2に示すように、サファイア基板A面上にレーザ構造を形成して矢印方向から裂開した場合、GaNの側面表面に細かな複数の筋が入る。複数の筋の発現は、ウエハの全厚の大部分はサファイアであり、サファイアはR面で割れるためである。サファイア基板はそのR面に沿って割れていくが、サファイアA面上に成長したGaNの(1-100)面とサファイアR面とは互いに2、4度ずれているので、裂開による割れ(クラック)がサファイア/GaN界面に到達した後も、GaNのわずかな深さまでは下地のサファイアのR面に沿ってクラックは伝搬する。しかしながら、GaNはその劈開面である(1-100)面で割れようとするため、複数の(1-100)面が階段状になった破断面を形成することとなる。このようにサファイアC面上の場合と同様に、GaNの(1-100)面が階段状に現れているのである。このため、第2のサファイアA面上の成長による反射鏡面作製方法に関しても、GaNの破断面の品質がそれほど良くならない。

【0014】上記の作製方法3)の方法においては、SiC基板は価格が極めて高く、成長条件などの各種検討を行なう際に負担が大きい問題がある。また、劈開工程に先立ち裏面を研磨する際に、SiCの硬度が極めて高いため著しい困難を伴う。更に、熱膨張係数差の関係でその上に形成する窒化物層に割れが入り易いため、窒化物層の膜厚を自由に設計できないという問題がある。

【0015】上記の形成方法4)の方法は、前述したように劈開状態に関しては理想的であるが、厚いGaN層を気相成長法で形成するのが難しい上、サファイアを研磨で除去する工程が極めて煩雑であるため、口径の大きな結晶基板を歩留まりよく得られるには至っていない。そこで、本発明では、レーザ構造において高品質な反射鏡面を再現性良く得られる3族窒化物半導体レーザ及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明による窒化物半導体レーザの製造方法は、活性層を含む3族窒化物半導体からなる複数の結晶層を、3族窒化物半導体からなる下地層上に、順に積層して得られる窒化物半導体レーザの製造方法であって、基板上に成膜された下地層上に結晶層の複数を形成する結晶層形成工程と、前記結晶層の最表面上に電極層を形成する電極層形成工程と、前記電極層上に金属膜をメッキするメッキ工程と、前記基板及び下地層間の界面に向け、前記基板側から光を照射して、

窒化物半導体の分解物領域を形成する光照射工程と、前記結晶層を担持した前記下地層を前記分解物領域に沿って前記基板から剥離する剥離工程と、前記結晶層を担持した前記下地層を劈開し、レーザ共振器となるべき劈開面を形成する劈開工程と、を含むことを特徴とする。

【0017】本発明による窒化物半導体レーザ製造方法においては、前記メッキ工程は、金属膜をメッキする前に、前記窒化物半導体に形成されるべき劈開面の伸長方向に平行に伸長する絶縁ストライプを前記電極層上に形成する工程を含むことを特徴とする。本発明の窒化物半導体レーザは、活性層を含む3族窒化物半導体からなる結晶層の複数を、下地層上に、順に積層してなる窒化物半導体レーザであって、前記積層した結晶層に対して前記下地層の反対側にメッキされた金属膜を有することを特徴とする。

【0018】さらに、本発明の分離方法は、基板上に3族窒化物半導体からなる1以上の結晶層を順に積層して得られる窒化物半導体ウエハから該基板を分離する分離方法であって、前記結晶層の最表面上に補助基板を形成する工程と、前記基板及び結晶層間の界面に向け、前記基板側から光を照射して、窒化物半導体の分解物領域を形成する光照射工程と、前記結晶層を前記分解物領域に沿って前記基板から剥離する剥離工程と、を含むことを特徴とする。

【0019】本発明の分離方法においては、前記補助基板を形成する工程は、前記結晶層の最表面上に前記補助基板として金属膜をメッキするメッキ工程を含むことを特徴とする。本発明の分離方法においては、前記メッキ工程は、前記結晶層の最表面上に予め電極層を形成する電極層形成工程を含むことを特徴とする。

【0020】本発明の分離方法においては、前記金属膜は、銅であることを特徴とする。本発明の分離方法においては、前記基板を透過しかつ前記界面近傍の結晶層に吸収される波長を有する光から選択されることを特徴とする。本発明の分離方法においては、前記光照射工程において、前記光は前記基板及び下地層間の界面に一樣に又はスポット状若しくはライン状に走査され照射されることを特徴とする。

【0021】本発明の分離方法においては、前記光照射工程において、前記光はYAGレーザの4倍波である紫外光であることを特徴とする。

【0022】

【作用】本発明によれば、GaN結晶側から保持して、サファイア基板とGaN結晶間との結晶結合を全面又は局所的に解いた分解領域を形成することより、サファイア基板をGaN結晶下地層から剥離できるので、窒化物半導体レーザを再現性良く得ることができる。

【0023】劈開工程において、裂割される結晶部分が実質的にGaN系材料のみで構成されるので、劈開性を改善して良質で安定な反射鏡面を得ることができる。G

a N系結晶部分の強度維持のために、補助基板である金属膜を、レーザ構造の上に形成する。補助基板は、メッキ法により、作製中のレーザ構造の電極を下地電極としてその上に金属材料を電着して形成される。メッキ法は、電解メッキ法の他、無電解メッキ法を含む。

【0024】更に、メッキ工程において、Ga N系結晶の劈開を予定している線に対応する部分の下地電極上に絶縁物質からなる帯状パターン of 絶縁ストライプを形成する。この絶縁ストライプを形成することにより、劈開線部分の補助基板の強度を部分的に低下させることができる。金属膜の堆積すなわち補助基板の形成後、サファイア基板の裏面側から高出力紫外レーザを照射し、サファイア基板とGa N結晶層を分離する。サファイア基板を除去した面に電極を形成し、しかる後に、上述の絶縁ストライプにそって金属膜を割り、同時にGa N結晶を劈開してレーザバーを得ることができる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下に、本発明による実施例の3族窒化物半導体レーザについて実施の形態の一例を図面を用いて説明する。

<活性層を含む3族窒化物半導体からなる複数の結晶層の作製>有機金属化学気相成長法(MOCVD)により、図3に示す3族窒化物半導体レーザ素子構造すなわちレーザ素子用の層構造を、以下の作製工程にて両面が鏡面研磨されたサファイアA面基板上に作製する。

【0026】まず、単結晶サファイア基板101を成膜用MOCVD成長炉に装填し、1050℃の温度において300 Torrの圧力の水素気流中で10分間保持し、サファイア基板101の表面の熱クリーニングを行なう。この後、サファイア基板101をその温度が600℃になるまで降温し、窒素原料であるアンモニア(NH₃)と、Al原料であるトリメチルアルミニウム(TMA)を成長炉内に導入し、Al Nからなるバッファ層102を20 nmの厚さに堆積させる。

【0027】続いてTMAの供給を止め、NH₃のみを流したまま、バッファ層102が成膜されたサファイア基板101の温度を再び1050℃に昇温し、トリメチルガリウム(TMg)を導入してn型Ga N下地層103を積層する。この時、n型不純物であるSiの原料としてメチルシラン(Me-SiH₃)を成長雰囲気ガスに添加する。

【0028】n型Ga N下地層103が4 μm程度成長した時点で、TMgの供給のみを停止する。一方、Me-SiH₃はその供給量を増加してそのまま供給し続ける。5分間この状態を保持した後、Me-SiH₃供給量をn型層として必要な量まで減らすと共に、TMgを再度導入し、同時にTMAを導入してn型Al Ga Nクラッド層104の成膜を行なう。n型Al Ga Nクラッド層104が0.5 μm程度成長した時点でTMAの供給を停止し、n型Ga Nガイド層105を0.1 μm成長

長する。n型Ga Nガイド層105の成長が完了した時点でTMg、Me-SiH₃の供給を停止して降温を開始し、基板温度を750℃とする。

【0029】基板温度が750℃となった時点でキャリアガスを水素から窒素に切換え、ガス流の状態が安定した時点でTMg、トリメチルインジウム(TMI)及びMe-SiH₃を導入してバリア層(障壁層)の成長を行なう。次に、Me-SiH₃の供給を停止するとともにTMIの流量を増加して、バリア層よりインジウム(In)組成の高い井戸層を成長する。バリア層と井戸層の成長は、多重量子井戸の設計繰返し数に合わせて繰り返す。このようにして、多重量子井戸(MQW)構造を有する活性層106の成長を行なう。

【0030】最後の井戸層上にバリア(障壁)層を成膜し該活性層を成膜した時点でTMg、TMI、Me-SiH₃の供給を停止すると共に、キャリアガスを窒素から水素に切換え、NH₃を流しつつ、ガス流の状態が安定した時点で基板温度を再び1050℃に昇温し、TMg、TMAとp型不純物であるMgの原料としてエチルシクロペンタジエニルマグネシウム(Et-Cp₂Mg)を導入してp型Al Ga N層107を0.01 μm積層する。続いてTMAの供給を停止し、p型Ga Nガイド層108を0.1 μm成長し、再びTMAを導入してp型Al Ga Nクラッド層109を0.5 μm成長する。更にこの上にp型Ga Nコンタクト層110を0.1 μm成長させる。その後、TMg及びEt-Cp₂Mgの供給を停止し、降温を開始し、基板温度が400℃になった時点で、NH₃の供給も停止し、基板温度が室温になった時点でウエハを反応炉より取り出す。<p型発現処理>成膜の完了したウエハを熱処理炉に設置し、処理温度は800℃、時間は20分、雰囲気は大気圧の窒素雰囲気中でp型発現処理を行なう。

【0031】このようにして図3に示すウエハを作製する。

<リッジ導波路の作製>得られたウエハに対して、電流狭窄を兼ねた屈折率導波構造としてリッジ構造の導波路を形成する。まず、p型発現処理の完了したウエハを蒸着装置に装填し、p型Ga Nコンタクト層110上にニッケル(Ni)膜(p側電極)111を膜厚0.2 μm程度形成する。一般的なフォトリソグラフィ手法を用いて、図4に示すように、5 μm幅のストライプ状のNi膜111を残す。続いて、このNiストライプをマスクに用いて反応性イオンエッチング(RIE)を行ない、5 μm幅以外の部分をp型Al Ga Nクラッド層109を約0.1 μm残して除去し、図5に示すように、狭リッジ構造のリッジ部202を形成する。

【0032】この状態になったウエハのリッジ部202及びp型Al Ga Nクラッド層109上に、図6に示すように、SiO₂保護膜112をスパッタリングなどの方法によって堆積する。その後、通常のフォトリソグラ

フィ法によって、図7に示すように、p型リッジ部202の頂面のSiO₂保護膜112に、リッジ部伸長方向に沿って3μm幅のNi膜111を露出させる電極用窓部113aを形成する。

＜電極層形成工程＞Ni膜111が露出している部分を含め、全面にチタン(Ti)を0.05μm、金(Au)を0.2μmの膜厚で順に蒸着してp側電極113を形成する。このようにして、ウエハ上の個々の素子部分においては、図8に示すような素子構造が形成される。

＜メッキ工程＞こうして作製されたウエハのp側電極113のAu面上に、図9に示すように、例えばSiO₂などの絶縁材料からなる幅5~20μm程度の帯状パターンの複数の絶縁ストライプ201を形成する。この時、絶縁ストライプ201の伸長方向がレーザ素子のリッジ部202と垂直、すなわち、後に劈開される劈開面と平行になるようにストライプ201を形成する。

【0033】図10は、p側電極113のAu面上に絶縁ストライプを形成した後のウエハ平面図を示している。絶縁ストライプ201の間隔Pは、最終的に作製されるレーザ素子の共振器長と同一の寸法に設定する。次に、絶縁ストライプを設けた状態で、p側電極113のAu面上に銅(Cu)の電解メッキを開始する。Cuメッキ不要の部分には予め保護膜を設けておく。図11に示すように、Cuイオンを含む溶液51で満たされた陽極49付きのメッキ槽50を用意し、得られたウエハ10をこの槽中に浸して、ウエハ10のp側電極113のAu面を陰極として、一定時間、陽極陰極間に直流を流して、Cuを電解メッキする。メッキされたCu膜120すなわち金属膜の補助基板の膜厚としては50~100μm程度に設定する。劈開工程までの補助基板材料としては、必ずしもCuである必要はないが、最終的にレーザ素子をヒートシンクにマウントする際の熱伝導性を考慮すると金属ではCuが最も好ましい。

【0034】電解メッキを開始すると、絶縁ストライプ201の付着している部分には電流が流れないためこの部分にはCuが析出しない。析出するCu120は最初、図12中のaで示したような断面形状となっているが、メッキ時間の進行とともに、図12中のbで示したように、膜厚方向のみでなく横方向にも堆積していく。更にメッキを継続すると、図12中のcで示したように、絶縁ストライプ201の両側からのCu膜120が互いに接するようになる。これ以降はほぼ二次元的な膜の堆積状況となる。本実施例のように幅10μm程度の絶縁ストライプの場合、十分な膜厚(50~100μm)で形成するとほぼ平坦な表面が得られる。

【0035】図12中でdで示した合体部分は互いに別々に成長してきたCu膜が出会っただけのものであるため、結晶として完全につながっているわけではない。また、絶縁ストライプのパターン幅を広く設定するとCu

膜の合体が遅れるためこの部分でのCuの強度低下が大きく、劈開が容易になる。上記した絶縁ストライプ201の形成時に、図13に示すように、ストライプパターンの幅をリッジ近傍201-aの部分よりそれ以外の部分201-bで太くしておくことができる。メッキ工程時に、図14に示すように、幅が広く設定されている部分201-b近傍の合体のみを遅れさせることができる。

【0036】メッキ工程完了後、ウエハに対し所定の洗浄を行ない、Cu膜120上に、蒸着によりAuベース薄膜121を形成する。このようにして、ウエハ上の個々の素子部分においては、図15に示すような素子構造が形成される。Cuは比較的酸化しやすいので、最終的に作製したレーザチップのボンディング性を考慮すると、Cu膜120表面を保護しておいた方が望ましく、このためCu膜120の表面にAu膜121を蒸着などの方法で形成しておくのである。その際、中間に付着強度増大を目的としてクロム(Cr)、Tiなどの薄い金属膜を介しておくともよい。

【0037】このように、メッキ工程においては、後の劈開工程において得られる積層結晶層の所望のレーザ共振器となるべき劈開面とほぼ揃ったメッキ接合面dを発現するように、GaN系結晶層の結晶方位とストライプ伸長方向とを合わせておく。

＜メッキされた金属膜への貼着＞次に、図16に示すように、ウエハに形成されたGaN系レーザ構造の電極上のCu膜120のAuベース薄膜121上に、Inなどの低融点金属を介して、厚さ0.1mm程度の保持金属板140を貼り付ける。

＜サファイア側からのウエハへの照射＞次に、例えば、YAGレーザの4倍波(波長266nm)、KrFエキシマ(波長248nm)など紫外線域の短波長高出力レーザによって、図17に示すように、サファイア基板101の裏面側すなわち下地層103の外側から、下地層に向け、集光レンズで絞って光ビームLaを照射する。光ビーム照射は下地層全面に一樣に照射してもよいが、所定ピッチ又はランダムにスポット状又はライン状に一樣に走査して照射してもよい。

【0038】照射に用いるレーザ光の波長例えば248nmにおいて基板のサファイアがほとんど透明であるのに対して、GaNの吸収端は365nmであるため、わずかな浸透深さで照射光が吸収される。また、サファイア基板とGaN間に存在する大きな格子不整合のため、界面近傍のGaNには極めて結晶欠陥が多く存在するため、吸収された光のエネルギーは熱に変換され、界面近傍のGaNの温度が急激に上昇し、金属Gaと窒素に分解することになる。サファイア基板101と下地層103との界面において、窒化物半導体の分解物領域150が形成される。

【0039】この窒化物半導体の分解物領域150は、

製造用に用いられるサファイア基板101とGaN又はAlNなどの下地層103の結晶とを分離するために、設けられている。すなわち、レーザ光ビームの波長は、サファイアなどの成長用基板を透過しかつ界面に接するGaNなどのレーザ構造の下地となる結晶層に吸収される波長から選択される。かかる光ビームによって、サファイア基板101とGaNなどの下地層103結晶と間の結晶結合が破壊される。よって、下地層103側は分解物領域に沿ってサファイア基板101から剥がれ易くなる。〈サファイア及びレーザ構造部分の剥離〉その後、ウエハのサファイア基板101を少し加熱する。分解によって生じた金属Gaが溶融すればよいので、加熱温度は40℃程度で足りる。

【0040】この加熱によって、下地層103側の分解物領域においてガリウムと窒素の結合が解けすなわちGaNの結合がはずれているので、図18に示すように、サファイア基板101は、レーザ構造部分及びCu膜120の一体から分離する。レーザ構造部分のGaN膜103などは合計数 μm 程度の厚さであるが、厚いCu膜120で裏打ちされているので離散することはない。GaN結晶部分の膜厚は数 μm 程度のものであるので、もし、何も貼らずにサファイア基板101から分離すると極めて容易に破損してしまうはずである。しかしながら、数10 μm 程度の厚さのCu膜120が付着している上、保持金属板140に貼り付けてあるため、レーザ構造部分は容易には破損しない。

【0041】その後、サファイア基板を除去したレーザ構造部分及びCu膜120を保持金属板に貼り付けたまま希酸に浸し、残留している金属Gaを除去する。しかる後に、保持金属板140ごと蒸着機に装填し、図19に示すように、サファイア基板除去部分にはn型GaN膜103が露出しているの、ここにチタン(Ti)を0.05 μm 厚、続いてアルミニウム(Al)を0.2 μm 厚で蒸着してn側電極103aを形成する。〈GaN下地層の劈開〉でき上がったレーザ構造部分及びCu膜120の下地層103のGaN側から、図20に示すように、絶縁ストライプの位置に合わせてn側電極103a上に、ダイヤモンドポイントで傷jを入れる。

【0042】その後、図21に示すように、保持金属板140を湾曲させることによってGaN膜103を劈開するとともにCu膜をメッキ接合面dにて裂割して複数本のレーザバー300を形成する。このようにして、Cu膜120とともに下地層103を、リッジ導波路伸長方向に垂直な方向(矢印の方向)に素子長ピッチで劈開する。

【0043】また、ダイヤモンドポイントの他に、高出力レーザポイント照射でスクライビング(いわゆるケガキ)を行なうこともできる。前述したように絶縁ストライプの存在する部位のCu膜は完全に一体化しているわ

けではないため、Cu膜はその合体部分すなわちメッキ接合面dで容易に分離してしまう。更に、図13に示したように、絶縁ストライプ201の幅を変えておくと更にいっそう割り易く設定できるため、ダイヤモンドポイントでケガキ線をいれなくても劈開することが可能になる。

【0044】その劈開作業終了後、レーザバーを担持する保持金属板140を、Inの融点以上に加熱することで、保持金属板140から個々のレーザバーを分離する。

〈反射膜を被覆〉その後、必要に応じて、作製されたレーザバー300の破断面(GaNの多層103~111の劈開面)に対し、スパッタ装置などを用いて誘電体多層反射膜を形成する。

〈レーザチップ化〉図22に示すように、レーザバー300を切断して、個々のレーザチップに分離する。

〈組立〉本発明により作製したレーザチップをヒートシンクにマウントする場合、Cu膜120側をヒートシンク側にしてボンディングし、さらに所定工程を経て、図23に示す屈折率導波型の3族空化物半導体レーザ素子が完成する。この場合、サブマウントを必要としないため好適である。Cuという極めて熱伝導率のよいサブマウントがすでに取り付けられているのと等価であり、レーザの発光点からヒートシンクまでの距離も数10 μm 以上得られるので、放射ビームのヒートシンクとの干渉も避けられる。

【0045】図23に示す素子は、レーザ基板と、その上に接着されたCu膜120の結合したチップからなり、Cu膜120側がヒートシンクとなる電気伝導性チップキャリア11上に接着されている。レーザ基板は、3族空化物半導体 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{1-y}\text{In}_y\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$) からなる結晶層の複数104~110及び電極層113を、 $(\text{Al}_x'\text{Ga}_{1-x'})_{1-y'}\text{In}_{y'}\text{N}$ ($0 \leq x' \leq 1$, $0 \leq y' \leq 1$) の下地層103上に、順に積層してなる。積層した結晶層には活性層が含まれている。Cu膜120はメッキによって形成されている。積層した結晶層に対して下地層103の反対側に形成されたCu膜120は、積層した結晶層のレーザ共振器となるべき劈開面とほぼ揃った疑似の劈開性又は裂開性のメッキ接合面を有している。メッキ工程において、絶縁ストライプにより制限された電着が行われたためである。レーザ基板の下地層103側はヒートシンクチップキャリア11に接着されこれを介して外部電極へ接続されている。空化物半導体の劈開面の法線方向(図面の法線方向)に伸長するリッジ導波路を有している。

【0046】図19に示すように、この半導体レーザ素子のレーザ基板は複数の結晶層からなり、n型GaN下地層103上に順に積層された、n型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 層104、n型GaN層105、InGaNを主たる構成要素とする活性層106、p型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 層1

07、p型Ga_{0.9}N層108、p型Al_{0.1}Ga_{0.9}N層109、及びp型Ga_{0.9}N層110からなる。p型Al_{0.1}Ga_{0.9}N層109にはリジストライブ部202が形成されており、窒化物半導体の劈開面の法線方向に伸長する導波路を有するようになっており、電極以外、SiO₂の絶縁膜112で被覆保護されている。n側電極はn型Ga_{0.9}N層103の下地層側にチップキャリア11を介して接続され、p側電極はp型Ga_{0.9}Nコンタクト層110側にCu膜120を介して接続される。

【0047】この半導体レーザ素子では、活性層106において電子と正孔を再結合させることによって発光する。n型Ga_{0.9}N層105及びp型Ga_{0.9}N層108はガイド層であり、活性層106で発生した光をここに導波するとともに活性層106よりバンドギャップが大きく設定することによって電子及び正孔を活性層106内に効果的に閉じ込めるようになっている。p型Al_{0.2}Ga_{0.8}N層107は注入されたキャリア（特に電子）の閉じ込めを更に強化する障壁層であり、n型Al_{0.1}Ga_{0.9}N層104及びp型Al_{0.1}Ga_{0.9}N層109はガイド層105、108より低屈折率で作製されているクラッド層であり、ガイド層との屈折率差によって導波が行なわれる。リジストライブ部202はクラッド層109の厚さを変化させることで実効屈折率に横方向の段差を生じさせて、発生した光を横方向に閉じ込めるために設けてある。

【0048】上記実施例では、サファイアA面基板上にレーザ構造を形成した素子を説明したが、さらに、サファイア基板C面上に上記したリジスト型レーザ構造を形成した素子を形成することもできる。

【0049】

【発明の効果】本発明によれば、光照射による成長用基板の剝離を可能としているので、共振器部分はその構成半導体材料である窒化半導体の劈開面そのもので形成するようにできる。これにより、原子レベルで平坦な反射鏡面が得られる。散乱損失を低減できる。この結果、連続発振が達成されるとともに、実用的な素子寿命が確保される。さらに、両極に対して電気伝導性の基板への接着が可能となり、電極構造が簡素になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 サファイア基板上に形成された半導体レーザの概略断面図。

【図2】 サファイア基板上に成膜されたGa_{0.9}N結晶層の破断面を示す概略斜視図。

【図3】 本発明による実施例の半導体レーザの製造工程におけるレーザ基板ウエハの概略断面図。

【図4】 本発明による実施例の半導体レーザの製造工程におけるレーザ基板ウエハの概略断面図。

【図5】 本発明による実施例の半導体レーザの製造工程におけるレーザ基板ウエハの概略斜視図。

【図6】 本発明による実施例の半導体レーザの製造工

程中におけるレーザ基板ウエハの概略斜視図。

【図7】 本発明による実施例の半導体レーザの製造工程におけるレーザ基板ウエハの概略斜視図。

【図8】 本発明による実施例の半導体レーザの製造工程におけるレーザ基板ウエハの概略斜視図。

【図9】 本発明による実施例の半導体レーザの製造工程におけるレーザ基板ウエハの概略斜視図。

【図10】 本発明による実施例の半導体レーザの製造工程におけるレーザ基板ウエハの概略平面図。

【図11】 本発明による実施例の半導体レーザの製造工程におけるレーザ基板ウエハ用のメッキ浴槽の概略断面図。

【図12】 本発明による実施例の半導体レーザの製造工程におけるレーザ基板ウエハの概略拡大断面図。

【図13】 本発明による実施例の半導体レーザの製造工程におけるレーザ基板ウエハの概略拡大平面図。

【図14】 本発明による実施例の半導体レーザの製造工程におけるレーザ基板ウエハの概略拡大断面図。

【図15】 本発明による実施例の半導体レーザの製造工程におけるレーザ基板ウエハの概略斜視図。

【図16】 本発明による実施例の半導体レーザの製造工程におけるレーザ基板ウエハの概略斜視図。

【図17】 本発明による実施例の半導体レーザの製造工程におけるレーザ基板ウエハの概略斜視図。

【図18】 本発明による実施例の半導体レーザの製造工程におけるレーザ基板ウエハの概略斜視図。

【図19】 本発明による実施例の半導体レーザの製造工程におけるレーザ基板ウエハの概略断面図。

【図20】 本発明による実施例の半導体レーザの製造工程におけるレーザ基板ウエハの概略斜視図。

【図21】 本発明による実施例の半導体レーザの製造工程におけるレーザ基板ウエハの概略断面図。

【図22】 本発明による実施例の半導体レーザの製造工程におけるレーザの概略斜視図。

【図23】 本発明による実施例の半導体レーザの概略断面図。

【符号の説明】

101 単結晶サファイア基板

102 低温成膜Ga_{0.9}N（又はAl_{0.1}N）層

103 n型Ga_{0.9}N層

104 n型Al_{0.1}Ga_{0.9}N層

105 n型Ga_{0.9}N層

106 InGa_{0.9}N活性層

107 p型Al_{0.2}Ga_{0.8}N層

108 p型Ga_{0.9}N層

109 p型Al_{0.1}Ga_{0.9}N層

110 p型Ga_{0.9}N層

111 p側電極

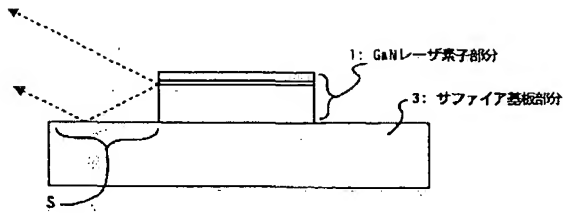
112 SiO₂絶縁膜

113 電極層

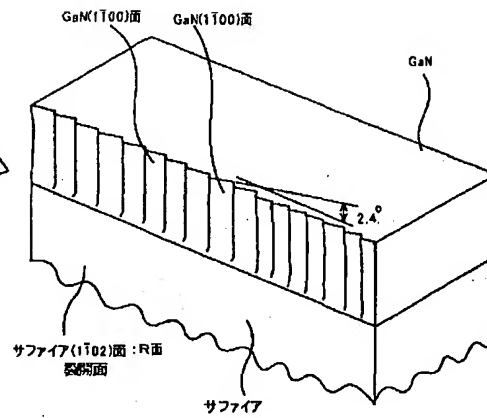
120 メッキされた金属膜

140 保持金属板

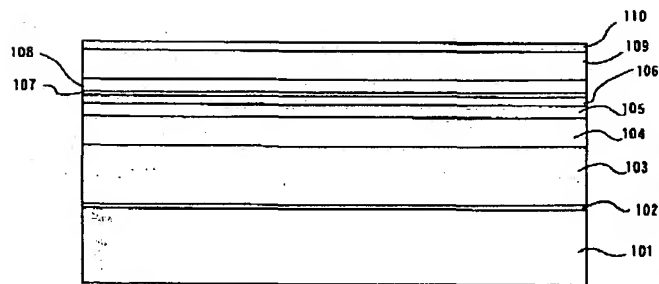
【図1】



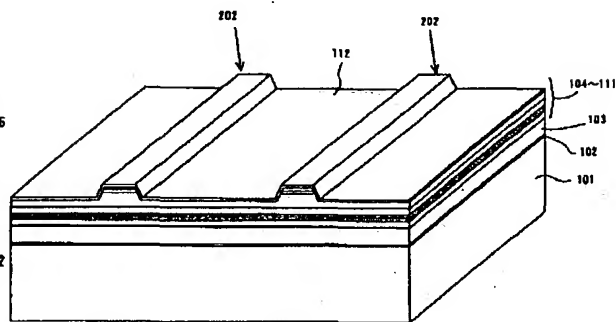
【図2】



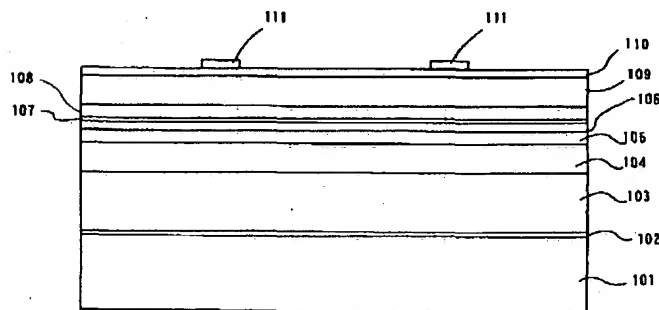
【図3】



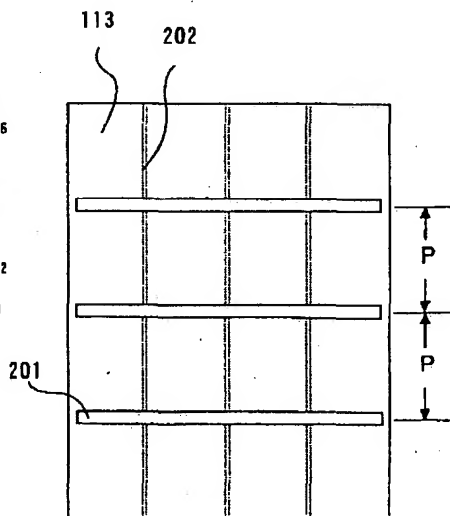
【図6】



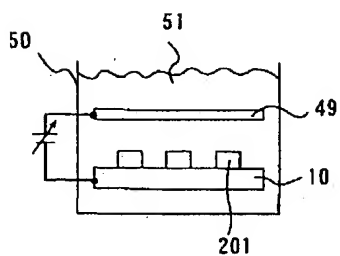
【図4】



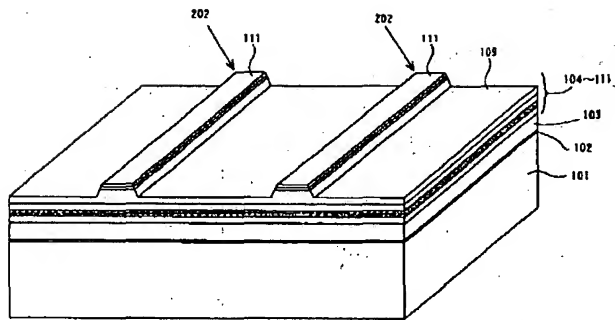
【図10】



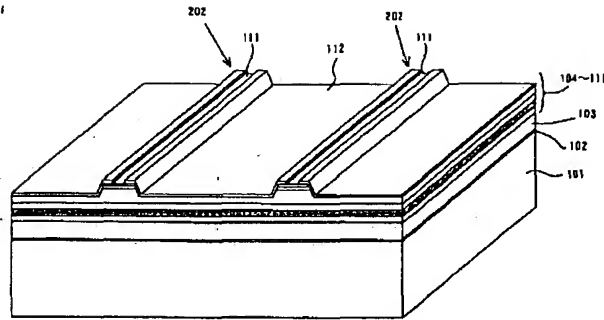
【図11】



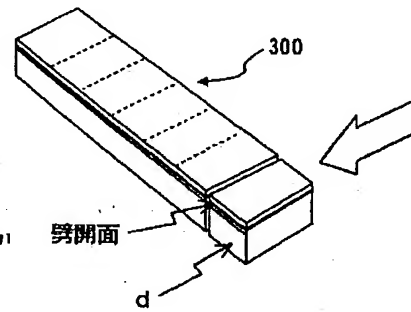
【図5】



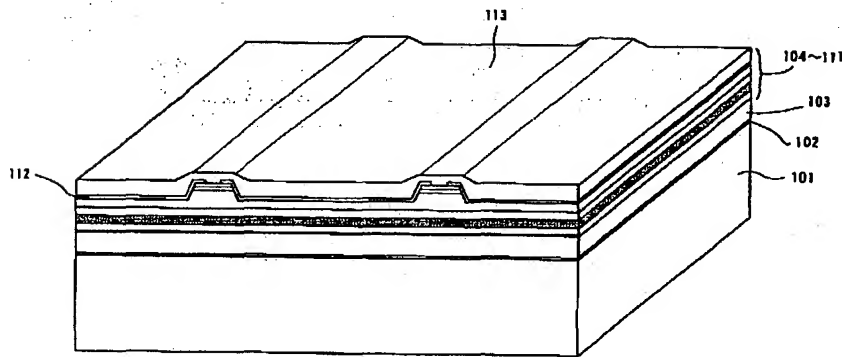
【図7】



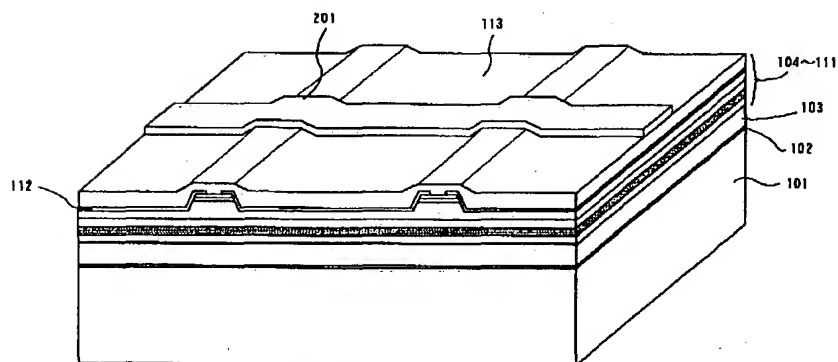
【図22】



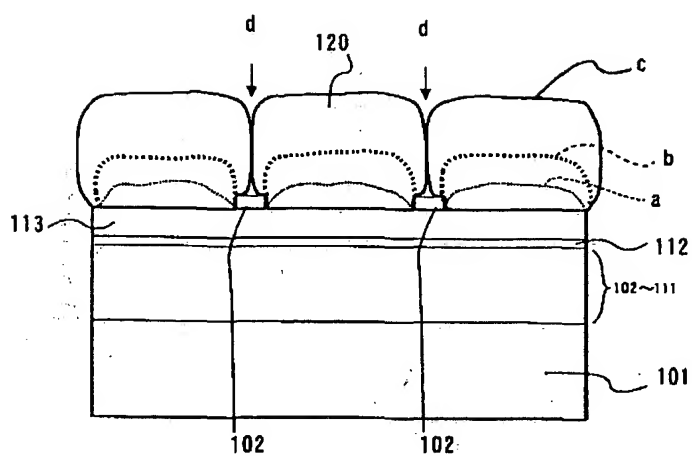
【図8】



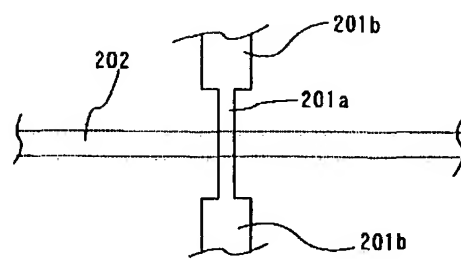
【図9】



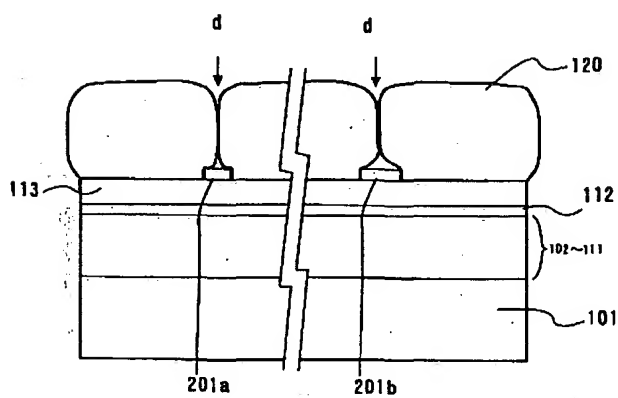
【図12】



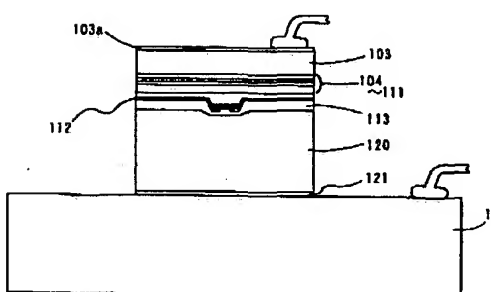
【図13】



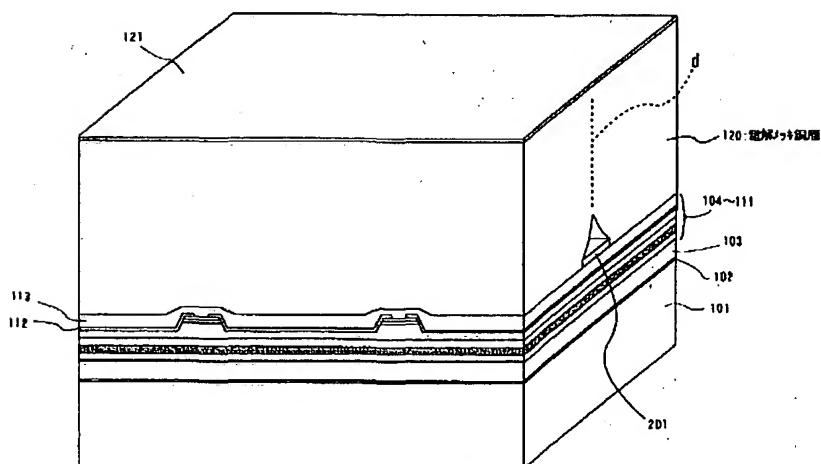
【図14】



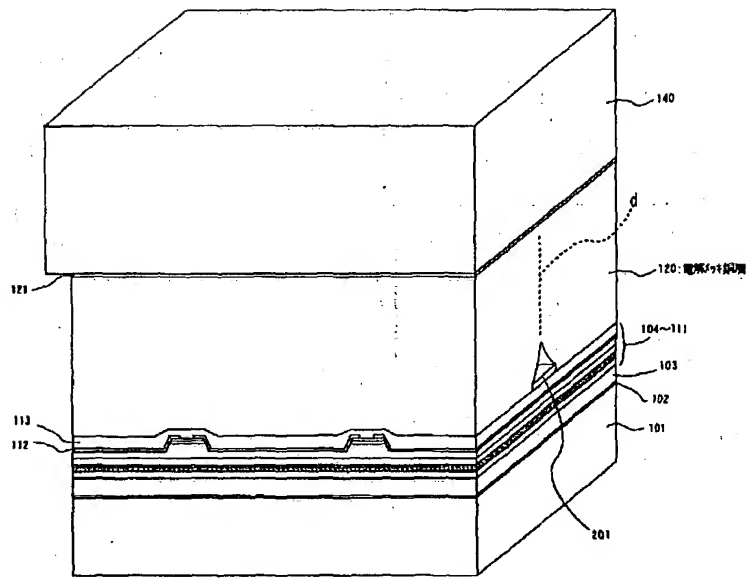
【図23】



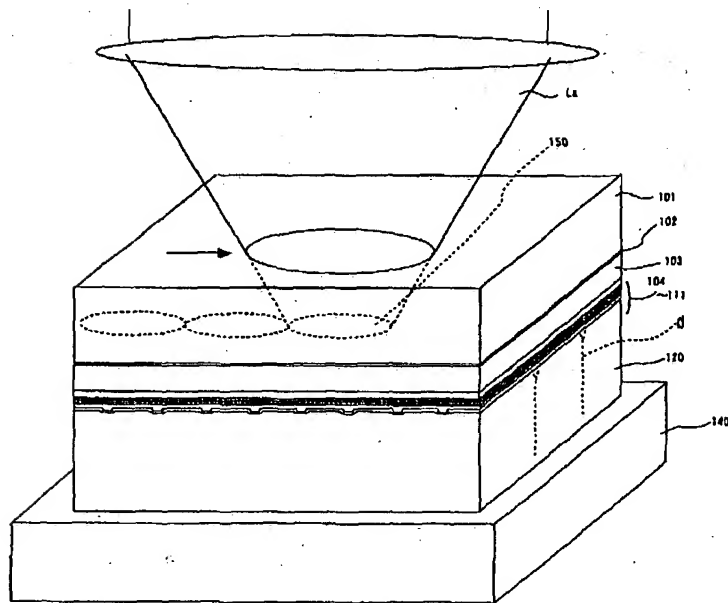
【図15】



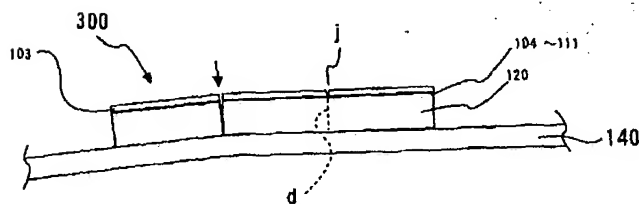
【図16】



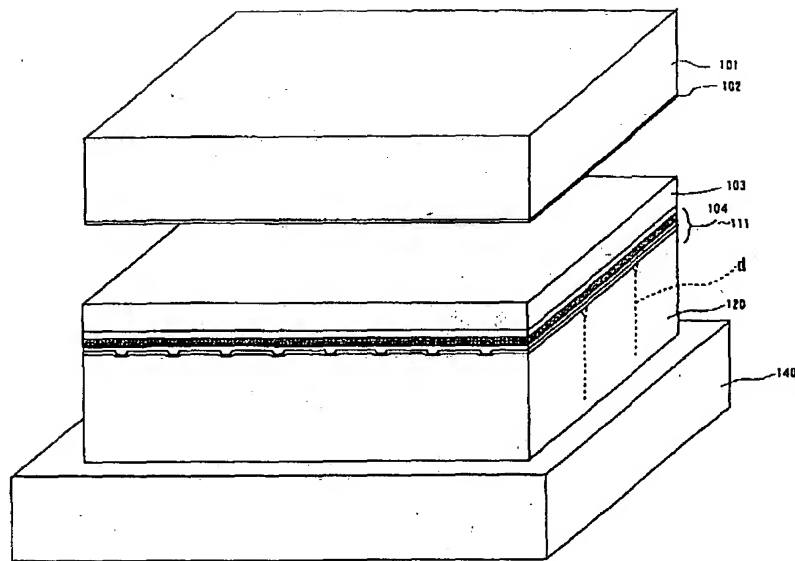
【図17】



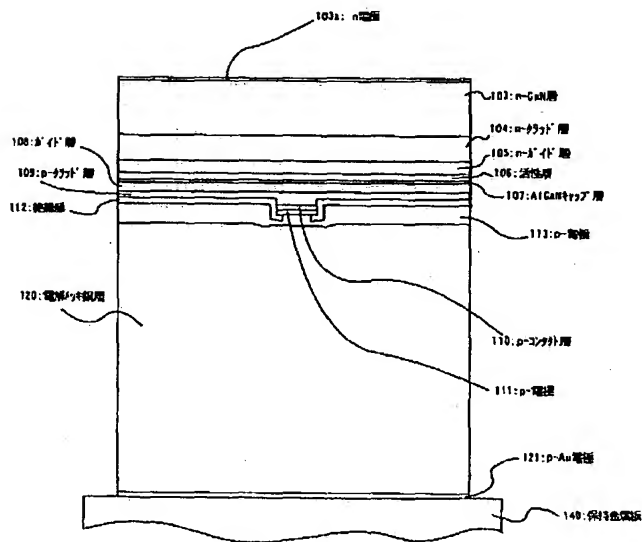
【図21】



【図18】



【図19】



【図20】

